

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. Juli 2004 (15.07.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/059150 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F02D 41/02,
41/14, 41/34

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/014156

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Dezember 2003 (12.12.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 61 911.5 30. Dezember 2002 (30.12.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; 38436 Wolfsburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): POTT, Ekkehard

[DE/DE]; Westring 33, 38518 Gifhorn (DE). PHILIPP,
Kai [DE/DE]; Hesterhoop 31, 38179 Lagesbüttel (DE).
BREE, Eric [DE/DE]; Burgallee 44, 38446 Wolfsburg
(DE).

(74) Anwälte: REINSTÄDLER, Diane usw.; Gulde Hengel-
haupt Ziebig & Schneider, Schützenstrasse 15-17, 10117
Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

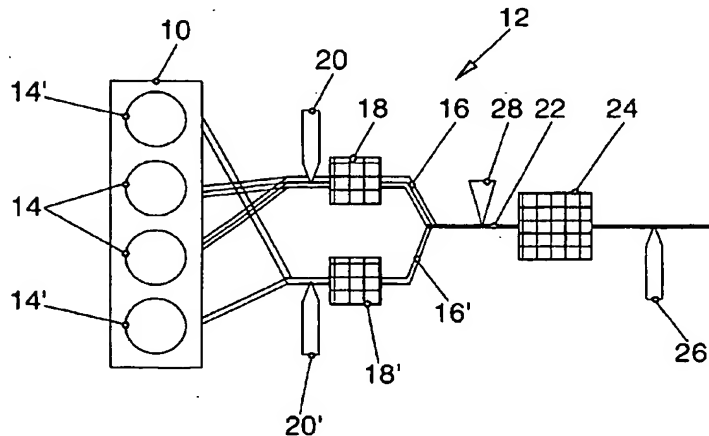
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING THE TEMPERATURE OF A CATALYST AND MULTICYLINDER ENGINE COM-
PRISING A LAMBDA SPLITTING EXHAUST GAS CLEANING SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR STEUERUNG DER TEMPERATUR EINES KATALYSATORS SOWIE MEHRZYLIN-
DERMOTOR MIT LAMBDA SPLITTFÄHIGER ABGASREINIGUNGSANLAGE



(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling the temperature of at least one catalyst that is mounted in the exhaust gas cleaning system (12) of a lean-mix multicylinder engine (10), whereby energy is introduced into the exhaust gas cleaning system (12) by means of lambda splitting. The invention also relates to a corresponding multicylinder engine (10). The invention is characterized in that the energy supply is limited depending on at least one of the parameters catalyst temperature, exhaust gas temperature and exhaust gas mass flow and/or depending on at least one of the parameters change of catalyst temperature, exhaust gas temperature and exhaust gas mass flow and/or depending on at least one of the parameters rate of change of catalyst temperature, exhaust gas temperature and exhaust gas mass flow.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Steuerung der Temperatur eines Katalysators sowie Mehrzylindermotor mit lambdasplittfähiger Abgasreinigungsanlage Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung der Temperatur zumindest eines in einer Abgasreinigungsanlage (12) eines magerlauffähigen Mehrzylindermotors (10) angeordneten Katalysators, bei dem Energie mittels eines Lambdasplits in die Abgasreinigungsanlage (12) einbringbar ist, sowie einen entsprechenden Mehrzylindermotor (10). Es ist vorgesehen, dass die Begrenzung des Energieeintrages in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Katalysatortemperatur, Abgastemperatur und Abgasmassenstrom und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderung der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderungsgeschwindigkeit der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes erfolgt.

5 **Verfahren zur Steuerung der Temperatur eines Katalysators sowie
Mehrzylindermotor mit lambdasplittfähiger Abgasreinigungsanlage**

- 10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung der Temperatur zumindest eines in einer
Abgasreinigungsanlage eines magerlauffähigen Mehrzylindermotors angeordneten
Katalysators, bei dem Energie mittels eines Lambdasplits in die Abgasreinigungsanlage
einbringbar ist, sowie einen entsprechenden Mehrzylindermotor mit einer lambdasplittfähigen
Abgasreinigungsanlage.
- 15 Zur Nachbehandlung von Abgasen von Verbrennungskraftmaschinen ist es allgemein üblich,
diese katalytisch zu reinigen. Dazu wird das Abgas über mindestens einen Katalysator
geleitet, der eine Konvertierung einer oder mehrerer Schadstoffkomponenten des Abgases
vornimmt. Es sind unterschiedliche Arten von Katalysatoren bekannt.
20 Oxidationskatalysatoren fördern die Oxidation von unverbrannten Kohlenwasserstoffen (HC)
und Kohlenmonoxid (CO), während Reduktionskatalysatoren eine Reduzierung von
Stickoxiden (NO_x) des Abgases unterstützen. Zudem werden 3-Wege-Katalysatoren
verwendet, um die Konvertierung der drei vorgenannten Komponenten (HC, CO, NO_x)
gleichzeitig zu katalysieren.
- 25 Daneben sind auch Speicherkatalysatoren, beispielsweise NO_x -Speicherkatalysatoren,
bekannt. Diese werden bei der Abgasreinigung von Verbrennungskraftmaschinen
eingesetzt, die aus Gründen einer Verbrauchsoptimierung wenigstens zeitweise in einem
mageren Betriebsmodus, das heißt mit einem sauerstoffreichen Abgas mit $\lambda > 1$, betrieben
werden, wobei in hohem Maße Stickoxide NO_x entstehen. Die Stickoxide NO_x können bei
30 einer katalytischen oxidativen Umsetzung von unverbrannten Kohlenwasserstoffen HC und
Kohlenmonoxid CO Stickoxide NO_x nicht vollständig zu umweltneutralem Stickstoff
umgesetzt werden. Zur Abhilfe werden vorgenannte NO_x -Speicherkatalysatoren in den
Abgaskanälen von Verbrennungskraftmaschinen angeordnet, die in mageren
Betriebsphasen NO_x als Nitrat einlagern. Der NO_x -Speicherkatalysator muss in
35 wiederkehrenden Abständen durch Umschaltung in einen fetten oder unterstöchiometrischen
Betrieb ($\lambda \leq 1$) der Verbrennungskraftmaschine regeneriert werden.

Vorgenannte Katalysatoren altern durch die Beaufschlagung mit hohen Temperaturen, so dass die Spitzen-Konvertierungsrate gegenüber einem ungeschädigten Katalysator abnimmt. Zur Minderung der Katalysatoralterung wird die maximal zulässige Temperatur im Abgassystem überwacht und durch Einstellung von Motorbetriebsparametern, vorzugsweise des Verbrennungslambdas, begrenzt.

Auf der anderen Seite ist es notwendig, eine Katalysatorheizung, das heißt einen Energieeintrag in die Abgasanlage vorzunehmen, um das optimale Temperaturfenster des Katalysators zu erreichen oder um bei NO_x -Speicherkatalysatoren eine Entschwefelung durchzuführen, da diese durch den im Kraftstoff enthaltenen Schwefel vergiftet werden. Durch das Katalysatorheizen wird der NO_x -Speicherkatalysator von eingelagertem Schwefel befreit. Für die Desorption des in Form von Sulfat eingelagerten Schwefels bedarf es einer Mindest-Temperatur, die bei zirka 600 °C liegt.

Das Heizen von Katalysatoren ist insbesondere bei der Verwendung von Vor- und Hauptkatalysatoren problematisch, da bei dem Bestreben, den Hauptkatalysator auf die gewünschte Temperatur zu bringen, die Vorkatalysatoren thermisch überlastet werden können.

Um einen Energieeintrag in die Abgasreinigungsanlage zielgerichtet zu gestalten, vorzugsweise zur Entschwefelung von NO_x -Speicherkatalysatoren, kann das Heizen des Katalysators, insbesondere eines Hauptkatalysators, derart erfolgen, dass der Katalysator gleichzeitig mit magerem und fettem Abgas beaufschlagt wird. So wird beispielsweise bei einem gewünschten Abgaslambda vor dem Hauptkatalysator von 1,0 das Abgas in einem der beiden beaufschlagenden Pfade um einen vorgegebenen Betrag in Richtung "fett" verschoben und in dem anderen Pfad in entsprechender Weise in die entgegengesetzte Richtung. Vorteil dieser Maßnahme ist, dass das Mischabgas vor dem Katalysator gleichzeitig hohe Sauerstoff- und Schadstoffkonzentrationen enthält. Dadurch erfolgt am Katalysator eine hohe Umsetzung chemisch gebundener Energie. Da die zur Katalysatorerwärmung benötigte Energie erst auf dem Katalysator in Wärme umgewandelt wird, entfallen die thermischen Verluste auf dem Weg durch die nicht-adiabatische Abgasanlage. Zudem werden die gegebenenfalls vorhandenen Vorkatalysatoren nicht thermisch überlastet, so dass sich deren Lebensdauersicherheit erheblich erhöht.

Problematisch bei dieser Verfahrensweise ist, dass die Gefahr einer Überlastung des Hauptkatalysators steigt, da infolge starker katalytischer Aktivität durch einen hohen chemischen Energieumsatz am Hauptkatalysator zumindest eine lokale thermische

Überlastung nicht ausgeschlossen werden kann. Zudem kann ein Katalysator nur mittels Lambdasplitt geheizt werden, wenn dieser zumindest teilweise aktiv, das heißt erwärmt ist, da für den chemischen Energieeintrag dessen Aktivität Voraussetzung ist.

- 5 Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Steuerung der Temperatur eines in einer Abgasreinigungsanlage eines magerlauffähigen Mehrzylindermotors angeordneten Katalysators, bei dem Energie mittels eines Lambdasplits in die Abgasreinigungsanlage eingetragen wird, sowie einen entsprechenden magerlauffähigen Mehrzylindermotor mit lambdasplittfähiger Abgasreinigungsanlage zu
10 schaffen, bei dem die Gefahr einer thermischen Überlastung des Katalysators sicher vermieden wird.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen sowie einen Mehrzylindermotor mit den in Anspruch 13 genannten Merkmalen gelöst.

- 15 Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur Steuerung der Temperatur eines in einer Abgasreinigungsanlage eines magerlauffähigen Mehrzylindermotors angeordneten Katalysators vorgesehen, bei dem Energie mittels eines Lambdasplits in die Abgasreinigungsanlage einbringbar ist, wobei die Höhe beziehungsweise eine Begrenzung
20 des Energieeintrages in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Katalysatortemperatur, Abgastemperatur und Abgasmassenstrom und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderung der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes (1. Ableitung) und/oder in Abhängigkeit
25 von mindestens einem der Parameter Änderungsgeschwindigkeit der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes (2. Ableitung) erfolgt.

- Vorzugsweise ist die lambdasplittfähige Abgasreinigungsanlage derart ausgestaltet, dass zwischen dem Mehrzylindermotor und dem zumindest einen Katalysator mindestens zwei
30 Passagen beziehungsweise Abgaspfade befindlich sind, die jeweils mit einem vorgebbaren Lambda beaufschlagbar sind, wobei besonders bevorzugt ist, dass die Abgasreinigungsanlage mindestens einen Hauptkatalysator, dessen Temperatur verfahrensgemäß zu steuern ist, und mindestens zwei vorgeordnete Vorkatalysatoren aufweist, wobei jeder Vorkatalysator in einem eigenen Abgaspfad angeordnet ist.

- 35 Vorzugsweise erfolgt die Steuerung des chemischen Energieeintrages durch Begrenzung des Splittfaktors. Dieser wird hier als Maß der Anfettung in einem der Abgaspfade verstanden. Ein Splittfaktor von 25 % bei einem Mischlambda-Sollwert von 1,0 bedeutet

somit, dass bei einem 4-Zylinder-Motor zwei Zylinder mit $\Lambda = 0,75$ betrieben werden und zwei Zylinder mit $\Lambda = 1,5$. Bei einer Anforderung zum Heizen des Katalysators wird eine Anforderung zum Energieeintrag in die Abgasreinigungsanlage in Abhängigkeit von der aktuellen Katalysatortemperatur oder der Differenz der aktuellen Katalysatortemperatur von einer vorgebbaren Zieltemperatur definiert. Normalerweise ist ein schnelles Aufheizen des Katalysators auf die Zieltemperatur erwünscht, so dass hohe Energieeinträge in die Abgasanlage und damit ein hoher Grund-Splitfaktor gefordert werden. Um optimale Konvertierungsraten zu erzielen, wird ein Mischlambda-Sollwert von 1,0 gefordert. Bei einem hohen chemischen Anteil am Heizvorgang steigt jedoch im Gegensatz zu den überwiegend thermischen Heizverfahren nach dem Stand der Technik das Risiko einer Katalysatorüberlastung, so dass die erfindungsgemäße Begrenzung des Energieeintrages zur Steuerung der Temperatur des Katalysators von besonderem Vorteil ist.

Erfindungsgemäß erfolgt die Begrenzung des chemischen Energieeintrages beziehungsweise des Splitfaktors in Abhängigkeit vorgenannter Parameter bei:

- steigender gemessener oder modellierter Katalysatortemperatur unabhängig von der Differenz zur Zieltemperatur, um Katalysatorschäden zu vermeiden, insbesondere wenn die Zieltemperatur nahe an der minimalen irreversiblen thermischen Schädigungstemperatur liegt,
- hohen positiven Temperaturgradienten im Hauptkatalysator, insbesondere bei hohen Temperaturen im Hauptkatalysator, zur Berücksichtigung eines inhomogenen Temperaturverlaufs im Hauptkatalysator, wobei die Begrenzung umso ausgeprägter ausfallen muss, wenn zusätzlich der positive Temperaturgradient eine progressive Zunahme aufweist, da hier das Risiko eines "Durchgehens" des Katalysators besonders hoch ist, und
- sinkendem Abgasmassenstrom, da der Kühleffekt des gegenüber der Katalysatortemperatur kühleren Abgasmassenstroms abnimmt, wobei bei hohen negativen Abgasmassenstromgradienten, beispielsweise bei einem Schaltvorgang, dem Übergang auf Niedriglast oder gefeuerten Schub, die Begrenzung stärker ausfallen soll, da HC- und O_2 -Gehalt im Abgas in diesen Betriebssituationen ohnehin kurzzeitig stark zunehmen.

Der auf dem Katalysator umsetzbare chemische Energieanteil des Abgases wird durch den verfügbaren Reduktionsmittel- und Sauerstoffmassenstrom bestimmt. Daher wird bei

Regelung auf einen Lambda-Sollwert vor dem Katalysator vorzugsweise das Lambda im mageren Pfad auf den aus dem geforderten Splitfaktor resultierenden mageren Lambdawert in Abhängigkeit vom gemessenen Lambda vor oder hinter dem Hauptkatalysator geregelt, während der fette Pfad vorgesteuert wird. Dies verhindert Probleme bei der Regelung durch
5 eine üblicherweise hinter dem Katalysator angeordnete Sonde durch Messfehler an der Lambdasonde hinter dem Vorkatalysator des fetten Pfades, zum Beispiel durch Wasserstoffquerempfindlichkeit.

Bei sehr magerer Einstellung auf dem mageren Pfad, das heißt bei $\text{Lambda} > 1,4$ und
10 insbesondere vorzugsweise bei $\text{Lambda} > 1,55$, kann die Stabilität des Brennverfahrens an ihre Grenzen stoßen, so dass vermehrte Aussetzer auftreten. Daher wird bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens beim Vorliegen von extrem mageren Lambdawerten auf dem mageren Pfad entweder eine zumindest temporäre Anfettung des Gesamtgemisches zugelassen, sofern die Vorsteuerung des fetten Pfades nicht
15 entsprechend angepasst wird, oder die Vorsteuerung des fetten Pfades in Richtung "mager" beeinflusst unter Inkaufnahme einer Rücknahme des Splitfaktors und damit des Energieeintrags. Vorzugsweise erfolgt dies, wenn der Lambdawert im mageren Pfad Werte von $> 1,3$, am meisten bevorzugt $> 1,45$, annimmt.

20 Das erfindungsgemäße Verfahren findet vorzugsweise Anwendung bei NO_x -Speicherkatalysatoren mit gegebenenfalls vorgeschalteten Vorkatalysatoren zur Entschwefelung.

Vorteilhafterweise wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine geringere Belastung des
25 Katalysatorsystems als nach bekannten Verfahren des Standes der Technik mit weniger restriktiv ausgelegtem Lambdasplit erreicht.

Der erfindungsgemäße magerlauffähige Mehrzylindermotor mit einer lambdasplitfähigen Abgasreinigungsanlage, in der zumindest ein Katalysator angeordnet ist, weist
30 erfindungsgemäß Mittel auf, mit denen in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Katalysatortemperatur, Abgastemperatur und Abgasmassenstrom und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderung der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes (1. Ableitung) und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderungsgeschwindigkeit der Katalysatortemperatur,
35 der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes (2. Ableitung) abgasrelevante Maßnahmen zur Steuerung der Temperatur des zumindest einen Katalysators durch Beeinflussung von zumindest einem Betriebsparameter, vorzugsweise des Lambdawertes

des Mehrzylindermotors ergriffen werden können. Dabei ist die lambdasplittfähige Abgasreinigungsanlage des Mehrzylindermotors vorzugsweise derart ausgestaltet, dass zwischen dem Mehrzylindermotor und dem zumindest einen Katalysator mindestens zwei Passagen beziehungsweise Abgaspfade befindlich sind, die jeweils mit einem vorgebbaren
5 Lambda beaufschlagbar sind. Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform besitzt die Abgasreinigungsanlage mindestens einen Hauptkatalysator mit mindestens zwei vorgeordneten Vorkatalysatoren, die jeweils in einem eigenen Abgaspfad angeordnet sind, wobei jeder Abgaspfad mit einem vorgebbaren Lambda separat beaufschlagbar ist.

- 10 Diese Mittel umfassen zudem ein Steuergerät, in das vorzugsweise in ein Motorsteuergerät integriert ist, in dem Modelle und Algorithmen zur koordinierten Steuerung von abgas- und leistungsrelevanter Maßnahmen in digitalisierter Form hinterlegt sind.

Die Steuerung und Koordination vorgenannter Mittel und sonstiger üblicher Mittel erfolgt
15 über das Steuergerät beziehungsweise das Motorsteuergerät.

Bei dem erfindungsgemäßen Mehrzylindermotor handelt es sich um einen Ottomotor, insbesondere einen direkt einspritzenden Ottomotor, oder einen Dieselmotor.

- 20 Vorteilhafterweise weist die Abgasreinigungsanlage beziehungsweise der zumindest eine Katalysator der Abgasreinigungsanlage des erfindungsgemäßen Mehrzylindermotors einen verringerten Edelmetallgehalt auf. Insbesondere bei dem Vorhandensein von Vorkatalysatoren ist eine deutliche Minderung des Edelmetallgehalts gegenüber dem Stand der Technik möglich.

25

Nach dem Stand der Technik werden bei Fahrzeugen mit direkteinspritzenden schichtladefähigen Ottomotoren, die im Neuen Europäischen Fahrzyklus NEFZ mit thermisch ungeschädigtem Katalysatorsystem, bestehend aus motornahem/n Vorkatalysator/en und stromab angeordnetem/n NO_x -Speicher-katalysator/en mit einer
30 gespeicherten Schwefelmasse $< 0,2 \text{ g/l}$ Katalysatorvolumen und einem zeitlichen Schichtbetriebsanteil von mindestens 250 s, vorzugsweise zumindest 350 s, eine HC-Emission von $< 0,07 \text{ g/km}$ und eine NO_x -Emission von $< 0,05 \text{ g/km}$ erreichen, Katalysatoren mit Edelmetallgehalten von $\geq 4,67 \text{ g/dm}^3$ (130 g/ft^3) eingesetzt.

- 35 Vorteilhafterweise kann bei dem erfindungsgemäßen Mehrzylindermotor der Edelmetallgehalt zumindest des oder der Vorkatalysator/en auf $\leq 3,59 \text{ g/dm}^3$ (100 g/ft^3) und besonders bevorzugt auf $\leq 2,87 \text{ g/dm}^3$ (80 g/ft^3) abgesenkt werden. Auch nach Ofenalterung

des/der Vorkatalysator/en mit abgesenktem Edelmetallgehalt für 4 Stunden bei 1100 °C in Atmosphäre mit 2 % O₂ und 10 % H₂O und des/der NO_x-Speicherkatalysator/en für 4 Stunden bei 850 °C in einer Atmosphäre mit 2 % O₂ und 10 % H₂O in demselben Fahrzeug wird gemäß voranstehend beschriebenen Verfahren im NEFZ eine HC-Emission von 0,1 g/km und eine NO_x-Emission von 0,08 g/km nicht überschritten.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

10 Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 in einer schematischen Ansicht eine erfindungsgemäße Verbrennungsmotoranlage und

Figur 2 ein Verlaufsschema des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die Figur 1 zeigt einen Mehrzylindermotor 10, dem eine zweiflutige Abgasreinigungsanlage 12 nachgeordnet ist. Jeweils zwei Zylinder 14, 14' des Mehrzylindermotors 10 sind den zwei Abgaspfaden 16, 16' der Abgasreinigungsanlage 12 zugeordnet. Jeder Abgaspfad 16, 16' verfügt über einen Vorkatalysator 18, 18', dem eine Lambdasonde 20, 20' vorgeschaltet ist. Stromab der Vorkatalysatoren 18, 18' werden beide Abgaspfade 16, 16' zu einem einzigen Abgaspfad 22 vereinigt, in dem ein Hauptkatalysator 24 angeordnet ist. Stromab des Hauptkatalysators 24 ist wiederum eine Lambdamessvorrichtung 26 befindlich, die durch eine Lambdasonde oder einen NO_x-Sensor ausgebildet sein kann. Stromauf des Hauptkatalysators 24 ist ein Temperaturfühler 28 zur Ermittlung der Abgastemperatur beziehungsweise der Katalysatortemperatur angeordnet. Ein Abgaspfad 16 wird mit fettem und der zweite Abgasstrang 16' wird mit magerem Abgas beaufschlagt, wobei die Lambdawerte der beiden Abgasstränge vorzugsweise derart gesplittet sind, dass nach Zusammenführung der beiden Abgasstränge 16, 16' zu einem einzigen Abgasstrang 22 ein Lambdawert von in etwa 1 vorliegt, mit dem dann der Hauptkatalysator 24 beaufschlagt wird. Die durch die Lambdasonden 20, 20', die Lambdamessvorrichtung 26 und den Temperaturfühler 28 abgegebenen Signale werden in einem hier nicht dargestellten Steuergerät beziehungsweise Motorsteuergerät verarbeitet.

Anhand des Verlaufsschemas nach Figur 2 wird das erfindungsgemäße Verfahren dargestellt. Zuerst liegt eine Wärmestromanforderung S10 vor, die sich beispielsweise aus der Differenz der Katalysatortemperatur TKAT und der Zieltemperatur des Hauptkatalysators 24 ergibt. Dementsprechend erfolgt die Vorgabe eines Grundsplittfaktors S12, der begrenzenden Faktoren S14, S16, und S18 unterliegt. Der erste begrenzende Faktor S14 ist über ein Kennfeld K10 definiert, dem die Katalysatortemperatur TKAT sowie der Katalysatortemperaturgradient TKATG zugrunde liegen. Dementsprechend wird mit steigender Katalysatortemperatur TKAT der Energieeintrag begrenzt, wobei die Differenz der Katalysatortemperatur TKAT zur Zieltemperatur nicht zu berücksichtigen ist. Für ein zweites Kennfeld K12 des zweiten begrenzenden Faktors S16 wird ebenfalls die Katalysatortemperatur TKAT verwendet und zudem die Katalysatortemperaturgradientenänderung TKATGAE. Dadurch wird ein inhomogener Temperaturverlauf im Hauptkatalysator 24 berücksichtigt. Der Splitfaktor wird bei hohen positiven Temperaturgradienten im Hauptkatalysator 24, insbesondere wenn bereits hohe Temperaturen TKAT im Hauptkatalysator 24 vorliegen, begrenzt. Die Rücknahme des Splitfaktors fällt dabei umso stärker aus, wenn zusätzlich der positive Temperaturgradient TKATG eine progressive Zunahme aufweist, um das Risiko eines "Durchgehens" des Hauptkatalysators 24 sicher zu vermeiden. Durch den dritten begrenzenden Faktor S18 wird unter Verwendung eines dritten Kennfeldes K16 der Splitfaktor in Abhängigkeit des Abgasmassenstroms AMS sowie des Abgasmassenstromgradienten AMSG begrenzt, da mit verringertem Abgasmassenstrom auch dessen Kühleffekt abnimmt und da in Betriebssituationen, die einen hohen negativen Abgasmassenstromgradienten bedingen, der HC- und O₂-Gehalt im Abgas und damit der chemische Energieeintrag kurzzeitig stark zunimmt. Daraus folgt eine Vorgabe des Lambda-Solls S20 für den Abgaspfad 16 mit dem fetten Abgas und eine Vorgabe des Lambda-Solls S22 für den Abgaspfad 16' mit dem mageren Abgas, wobei das Lambda-Soll für den Abgaspfad 16 mit dem fetten Abgas in einem Schritt S24 vorgesteuert und das Lambda-Soll für den Abgaspfad 16' mit dem mageren Abgas in einem Schritt S26 über den nach dem Hauptkatalysator 24 gemessenen Lambdawert geregelt wird.

BEZUGSZEICHENLISTE

| | | |
|----|---------|--|
| 5 | 10 | Mehrzylindermotor |
| | 12 | Abgasreinigungsanlage |
| | 14, 14' | Zylinder |
| | 16, 16' | Abgasstrang |
| | 18, 18' | Vorkatalysator |
| 10 | 20, 20' | Lambdasonde |
| | 22 | Abgasstrang |
| | 24 | Hauptkatalysator |
| | 26 | Lambdamessvorrichtung |
| | 28 | Temperaturfühler |
| 15 | S10 | Wärmestromanforderung |
| | S12 | Vorgabe eines Grundsplittfaktors |
| | S14 | erster begrenzender Faktor |
| | S16 | zweiter begrenzender Faktor |
| | S18 | dritter begrenzender Faktor |
| 20 | S20 | Vorgabe des Lambda-Solls für den fetten Abgaspfad |
| | S22 | Vorgabe des Lambda-Solls für den mageren Abgaspfad |
| | S24 | Vorsteuerung |
| | S26 | Regelung |
| 25 | K10 | erstes Kennfeld |
| | K12 | zweites Kennfeld |
| | K14 | drittes Kennfeld |
| 30 | TKAT | Katalysatortemperatur |
| | TKATG | Katalysatortemperaturgradient |
| | TKATGAE | Katalysatortemperaturgradientenänderung |
| | AMS | Abgasmassenstrom |
| | AMSG | Abgasmassenstromgradient |
| 35 | | |

PATENTANSPRÜCHE

- 5 1. Verfahren zur Steuerung der Temperatur zumindest eines in einer Abgasreinigungsanlage (12) eines magerlauffähigen Mehrzylindermotors (10) angeordneten Katalysators, bei dem Energie mittels eines Lambdasplits in die Abgasreinigungsanlage (12) einbringbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Begrenzung des Energieeintrages in Abhängigkeit von mindestens einem der
10 Parameter Katalysatortemperatur, Abgastemperatur und Abgasmassenstrom und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderung der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderungsgeschwindigkeit der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes erfolgt.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abgasreinigungsanlage (12) zwischen dem Mehrzylindermotor (10) und dem zumindest einen Katalysator mindestens zwei Abgaspfade aufweist, die zum Energieeintrag jeweils mit einem vorgebbaren Lambda beaufschlagbar sind.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abgasreinigungsanlage (12) mindestens einen Hauptkatalysator (24) mit mindestens zwei vorgeordneten Vorkatalysatoren (18, 18') aufweist, wobei jeder Vorkatalysator (18, 18') in einem Abgaspfad (16, 16') angeordnet ist, die zum Energieeintrag jeweils mit einem vorgebbaren Lambda beaufschlagbar sind.
- 25 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit steigender, gemessener oder modellierter Temperatur des zumindest einen Katalysators beziehungsweise des Hauptkatalysators (24) der Energieeintrag begrenzt wird.
- 30 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einem hohen positiven Temperaturgradienten im zumindest einen Katalysator beziehungsweise Hauptkatalysator (24) der Energieeintrag begrenzt wird.
- 35 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei sinkendem Abgasmassenstrom der Energieeintrag begrenzt wird.

- 5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Höhe des Energieeintrag durch einen Splitfaktor bestimmt, der in Abhängigkeit einer Anforderung zum Energieeintrag festgelegt wird, durch den die Lambdawerte der einzelnen Abgaspfade (16, 16') in der Abgasreinigungsanlage (12) gegeben sind.
- 10 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Regelung auf einen Lambdasollwert vor dem zumindest einen Katalysator beziehungsweise dem Hauptkatalysator (24) das Lambda im mageren Abgaspfad (16') auf den aus dem geforderten Splitfaktor resultierenden mageren Lambdawert in Abhängigkeit vom gemessenen Lambda vor oder hinter dem zumindest einen Katalysator beziehungsweise dem Hauptkatalysator (24) geregelt wird, während der fette Abgaspfad (16) vorgesteuert wird.
- 15 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei sehr magerer Einstellung auf dem mageren Abgaspfad (16') entweder eine zumindest temporäre Anfettung des Gesamtgemisches zugelassen wird, sofern die Vorsteuerung des fetten Abgaspfades (16) nicht entsprechend angepasst wird, oder die Vorsteuerung des fetten Abgaspfades (16) zu mageren Lambdawerten beeinflusst wird, wobei
20 gegebenenfalls der Splitfaktor zurückgenommen beziehungsweise der Energieeintrag reduziert wird.
- 25 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einem $\text{Lambda} > 1,3$ auf dem mageren Abgaspfad (16') entweder eine zumindest temporäre Anfettung des Gesamtgemisches zugelassen wird, sofern die Vorsteuerung des fetten Abgaspfades (16) nicht entsprechend angepasst wird, oder die Vorsteuerung des fetten Abgaspfades (16) zu mageren Lambdawerten beeinflusst wird, wobei
30 gegebenenfalls der Splitfaktor zurückgenommen beziehungsweise der Energieeintrag reduziert wird.
- 35 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einem $\text{Lambda} > 1,45$ auf dem mageren Abgaspfad (16') entweder eine zumindest temporäre Anfettung des Gesamtgemisches zugelassen wird, sofern die Vorsteuerung des fetten Abgaspfades (16) nicht entsprechend angepasst wird, oder die Vorsteuerung des fetten Abgaspfades (16) zu mageren Lambdawerten beeinflusst wird, wobei
gegebenenfalls der Splitfaktor zurückgenommen beziehungsweise der Energieeintrag reduziert wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine Katalysator beziehungsweise Hauptkatalysator (24) ein NO_x-Speicherkatalysators ist, dessen Temperatur derart durch einen Energieeintrag in die Abgasreinigungsanlage gesteuert wird, dass eine Entschwefelung des NO_x-Speicherkatalysators erfolgt.
13. Magerlauffähiger Mehrzylindermotor (10) mit einer lambdasplittfähigen Abgasreinigungsanlage (12), in der zumindest ein Katalysator angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mehrzylindermotor (10) Mittel aufweist, mit denen in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Katalysatortemperatur, Abgastemperatur und Abgasmassenstrom und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderung der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderungsgeschwindigkeit der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes abgasrelevante Maßnahmen zur Steuerung der Temperatur des zumindest einen Katalysators durch Beeinflussung von zumindest einem Betriebsparameter des Mehrzylindermotors (10) ergriffen werden können.
14. Mehrzylindermotor nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abgasreinigungsanlage (12) zwischen dem Mehrzylindermotor (10) und dem zumindest einen Katalysator mindestens zwei Abgaspfade aufweist, die zum Energieeintrag jeweils mit einem vorgebbaren Lambda beaufschlagbar sind.
15. Mehrzylindermotor nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abgasreinigungsanlage (12) mindestens einen Hauptkatalysator (24) mit mindestens zwei vorgeordneten Vorkatalysatoren (18, 18') aufweist, wobei jeder Vorkatalysator (18, 18') in einem Abgaspfad (16, 16') angeordnet ist, die zum Energieeintrag jeweils mit einem vorgebbaren Lambda beaufschlagbar sind.
16. Mehrzylindermotor nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine Katalysator beziehungsweise der Hauptkatalysator (24) ein NO_x-Speicherkatalysator ist.
17. Mehrzylindermotor nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Edelmetallgehalt der zumindest zwei Vorkatalysatoren (16, 16') $\leq 3,59 \text{ g/dm}^3$ ist.

18. Mehrzylindermotor nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Edelmetallgehalt der zumindest zwei Vorkatalysatoren (16, 16') $\leq 2,87 \text{ g/dm}^3$ ist.
- 5 19. Mehrzylindermotor nach einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mittel ein Steuergerät umfassen, in dem Modelle und Algorithmen zur koordinierten Steuerung von abgas- und leistungsrelevanter Maßnahmen in digitalisierter Form hinterlegt sind.
- 10 20. Mehrzylindermotor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mehrzylindermotor (10) ein Ottomotor, insbesondere ein direkt einspritzender Ottomotor, oder ein Dieselmotor ist.

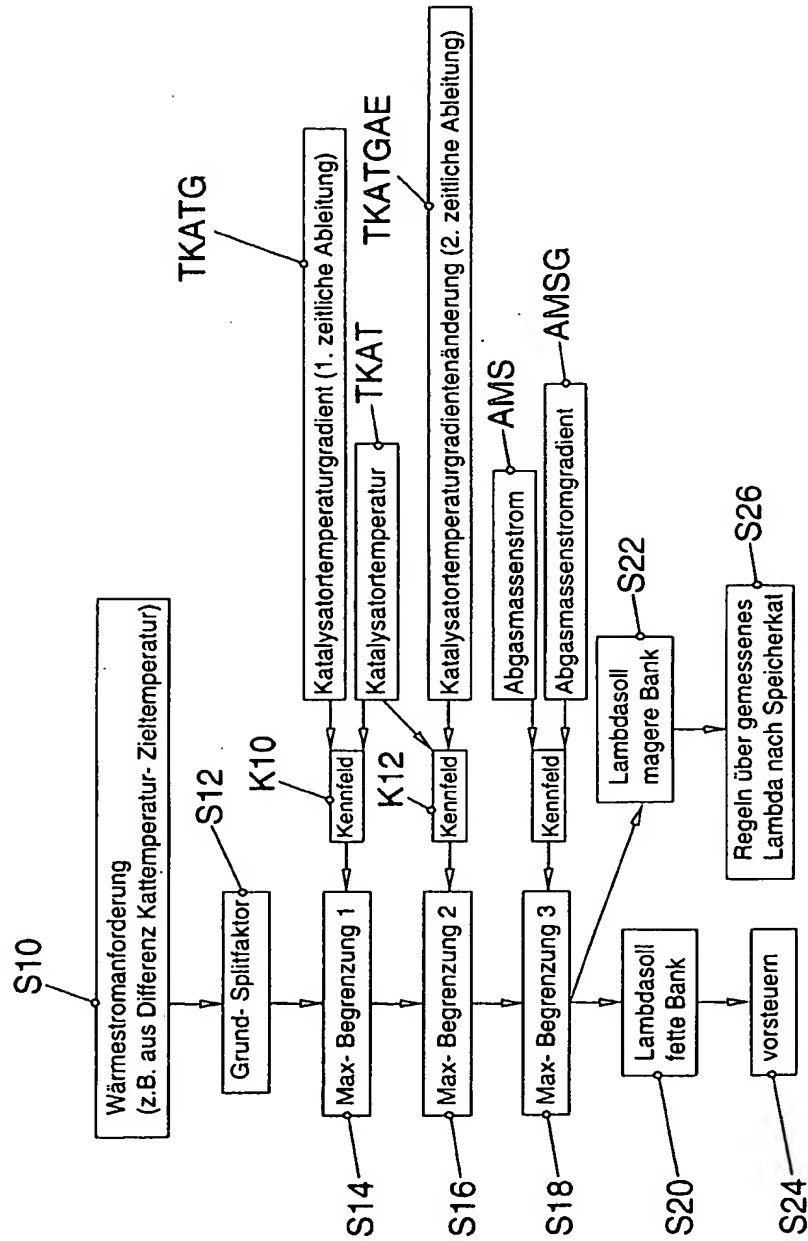


FIG. 2